



TITLE:

Mechanism and function of synchronized hatching in Pentatomidae (Insecta: Heteroptera)( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Endo, Jun

---

CITATION:

Endo, Jun. Mechanism and function of synchronized hatching in Pentatomidae (Insecta: Heteroptera). 京都大学, 2018, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20952>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2020-01-14に公開

( 続紙 1 )

|  |  |    |      |
|--|--|----|------|
| 京都大学   | 博 士（理 学）   | 氏名 | 遠藤 淳 |
| 論文題目   | Mechanism and function of synchronized hatching in Pentatomidae (Insecta: Heteroptera)<br>(カメムシ科における同期孵化のメカニズムと機能) |    |      |
| (論文内容の要旨)  |  |    |      |
| <p>クラッチで産卵されたきょうだい同士で孵化のタイミングを同期させる例は動物の中に広く見られる。このような行動は、孵化したきょうだいが集団で移動しなくてはならない場合に進化することはよく知られる。しかし近年の研究から、同期孵化の進化の背景には多様なきょうだい間の関係性があることが理解されつつある。また、同期孵化のメカニズムはさまざまな動物で関心を集め、調べられてきた。</p> <p>カメムシ科では、卵は葉の上などに密なクラッチ(卵塊)として産みつけられる。卵塊の中で幼虫が孵化すると周りの卵に機械刺激が伝わり、それに応答して孵化が起きることで、卵塊全体が同期孵化するとされる。しかし、先に孵化した幼虫が起こしたどのような機械刺激に対して、周りの胚が応答するかはわかっていない。また、カメムシ科で同期孵化が進化した理由も不明である。本科の幼虫は孵化後卵塊上にとどまるため、集団で移動する必要性から同期孵化が進化したという説明は成り立たない。</p> <p>カメムシ科において同期孵化に種間差が存在するかは明らかでない。第1章ではこの観点から、本科の8種のカメムシで孵化の同期の有無を調べることを目的とし、卵塊の孵化を無処理の場合と1卵ずつに分離した場合で比較して、孵化が前者でより早く進行するかを検証した。その結果、孵化の同期は4種で起こり、のこる4種では起こらないこと、また、同期が起こった4種でもその程度に強弱があることが判明した。この発見は、カメムシ科の種間できょうだい間の関係性が異なり、一部の種のみで孵化を同期することが適応的であることを示している。</p> <p>孵化した幼虫が未孵化のきょうだい卵を捕食の様子が観察されたことから、カメムシ科において孵化の同期は、先に孵化したきょうだいから遅れずに孵化し、卵共食いを回避するための戦略として進化した可能性が考えられた。第2章ではこの仮説を検証するため、第1章と同じ8種を用いて孵化した幼虫が卵共食いを開始するまでの時間を測定し、同期孵化の見られる種において、同期孵化しない胚に共食いを受けるリスクがあるかを評価した。卵共食いはほとんどの種で見られたが、その開始時間は種によって大きく異なった。特に開始が早いのは、強く同期した孵化を示すクサギカメムシ他1種であり、これらの種では同期孵化しない場合には胚に共食いリスクがあることが判明した。クサギカメムシでは、実際には同期孵化によって卵共食いはほぼ回避されていた。したがって、これらの種では卵共食いを回避するために孵化の同期が進化したという仮説が支持された。</p> <p>第3章では、クサギカメムシの胚が、先に孵化したきょうだいが起こしたどのような機械刺激を利用して同期孵化するかを明らかにすることを目的とした。レーザー振動計を用いた測定により、胚が内側から圧力をかけて卵を破裂させる際に、持続時間約3 msときわめて短い特徴的な振動が生じることがわかった。プレイバックによる検証実験を行った結果、胚がこの振動に応答して孵化することが判明した。</p> <p>本研究によって、カメムシ科における同期孵化の進化とメカニズムの一端が解明された。カメムシ科と同様の同期孵化は昆虫で広く見られるが、胚の孵化応答を引き起こす機械刺激が実験により特定されたのは初めてのことである。先に起こった孵化に</p> |  |    |      |

ともなつて生じる刺激に応答して孵化することで、胚がきょうだい共食いを回避しているという発見は、胚期におけるこれまで知られていなかった適応戦略を明らかにし、また、同期孵化がさまざまなきょうだい間の関係を背景に進化したことを示している。

(論文審査の結果の要旨)

動物行動学において、きょうだい間における孵化の同期性は、適応度に大きく影響する現象として注目を集めてきた。強い同期性が必要とされる例としてこれまでに報告されているのは、孵化した動物が集団で移動する場合や親による子の世話が行われる場合である。申請者は、これらのいずれにも該当しない、卵塊で産卵するカメムシ科の昆虫において、孵化の同期性がもたらされるメカニズムとその意義を実験によって調べた。

第1章で、申請者は卵塊のままの状態と卵塊を1卵ずつに分離した場合の孵化の時間的経緯を比較して、実験を行ったカメムシ科の8種の中に、著しい同期性を示すクサギカメムシとミナミアオカメムシの2種、弱い同期性を示す2種、まったく同期性を示さない4種があることを明らかにした。そして、この同期性は、同じ卵塊の中で先に孵化した個体からの何らかの刺激に対して、孵化直前の他の幼虫が応答することによってもたらされることも示した。

第2章は、孵化同期性の究極要因を課題とした。申請者は上記の種間の同期性の違いがきょうだいによる卵共食いと関係して進化してきたという仮説のもとで、卵塊中の一部の卵を低温にさらして発生を著しく遅らせるという方法で、先に孵化した幼虫がいつ共食いを開始するのかを調べた。共食いの開始時間には孵化の同期性と同様に種間で大きな違いが存在した。共食い開始時間が早かったのは強い同期性を示す2種であり、これらの種では、孵化の刺激に対する応答がない場合には共食いの危険性があることを示した。クサギカメムシにおける観察から、実際の卵塊では共食いはほぼ回避されていることを確認した。これより、卵共食いの開始時間と孵化の同期性の成立には緊密な関係があることを明らかにした。

第3章は、著しい孵化同期性を示すクサギカメムシにおいて、その至近要因を検討した。第1章における卵塊分離実験の結果から、申請者は先行する孵化によって引き起こされる機械的な刺激、すなわち振動が孵化直前の幼虫に孵化を誘導するのではないかと考え、まず、分離した卵間をシャープペンシルの細い芯で橋渡しする実験により振動が重要であることを確認した。次に、精密な振動の測定により、孵化時に卵殻が割れる際に特徴的な振動を記録した。さらに、この振動を実験的にプレイバックして孵化直前の幼虫に与えると孵化が誘導されることを証明した。

本研究によって、これまで研究例のほとんどない、集団移動や親による子の世話とは無関係な同期孵化に関して、至近要因と究極要因の両方についての知見が得られた。とりわけ、同期孵化において、孵化応答を引き起こす振動を音響学的に特定し、プレイバックによりその機能を初めて実証したことは特筆に値する。何種ものカメムシ科昆虫の孵化を観察するという地道な作業に始まって、論理的に実験設定を考え、その方法を工夫して緻密な実験を積み上げて結論に至った経緯も高く評価できる。これらの成果は当該研究分野の今後の発展に大きく寄与すると考えられる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月11日に論文内容とそれに関連した口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。

要旨公表可能日：                      年                      月                      日以降